

**DIE TAGESSCHWANKUNGEN DER
AKUSTISCH HERVORGERUFENEN
REIZANTWORTEN BEIM MENSCHEN**

Fritz Wiedemann

1974



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551924_0055

Aus der Neurologischen Klinik der Universität München
(Direktor: Prof. Dr. A. Schrader)

DIE TAGESSCHWANKUNGEN DER AKUSTISCH HERVORGERUFENEN
REIZANTWORTEN BEIM MENSCHEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfasst und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Fritz Wiedemann
aus Kaufbeuren

München 1973

Für die Untersuchung standen uns dankenswerterweise Leihgeräte
der DFG zur Verfügung.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

1. Berichterstatter: Prof. Dr. J. Kugler

2. Berichterstatter: Prof. Dr. A. Schrader

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 7.5.1974



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. EINLEITUNG	1
II. PROBLEMSTELLUNG	2
III. METHODE	3
IV. ERGEBNISSE	
1. Vorbemerkung	5
2. Spontanschwankungen der Reizantwort während eines Tages	5
3. Vergleich zwischen rechter und linker Ableitung	18
4. Tagesschwankungen mit zyklischem Verlauf	19
5. Differenzierung im Aufbau von Welle III	23
6. Relation zwischen EEG-Aktivität und Reizpotential	25
V. DISKUSSION	27
VI. ZUSAMMENFASSUNG	37
VII. LITERATURVERZEICHNIS	39

I. Einleitung

Im Jahre 1939 entdeckte DAVIS (14), daß das Gehirn auf Schall in einer charakteristischen Form reagiert, und daß diese Antwort manchmal in EEG-Ableitungen sichtbar ist. Die gemessene Antwort ist aber sehr klein im Verhältnis zur gesamten EEG-Aktivität und kann normalerweise mit dem Auge nicht identifiziert werden. Deshalb war die wissenschaftliche Aussagekraft der Reizantwort zur Erforschung des Hörens noch sehr gering, bis in den späten 50er Jahren Mittelwertsrechner zur Analyse eingesetzt wurden. Der Computer ist in der Lage, akustisch hervorgerufene Antworten zu summieren und darzustellen. Dieser technische Durchbruch ermöglichte es, die Charakteristika der "auditory evoked response" (AER) systematisch zu erfassen und ihre Brauchbarkeit zur Untersuchung des Hörens zu bestimmen. (PRICE, 38). Es war das Bestreben der meisten Arbeiten, die AER zu einem Grundwert beim Bestimmen der Hörschwelle zu machen. Diese Technik wird mit verschiedenen Namen bezeichnet: electroencephalic audiometry, averaged evoked potential audiometry, cortical audiometry, evoked response audiometry. Sie wird als die objektive Methode zur Auswertung des Hörens beschrieben. (CODY, 9 MC CANDLESS, 32)

II. PROBLEMSTELLUNG

Die Bestimmung der Hörschwelle aufgrund der akustischen Reizantwort ist nur eine der Anwendungsmöglichkeiten der AER in der Klinik.

BAUST (3) und RAPIN (41) versuchten mit Hilfe der AER pathologische Veränderungen des Gehirns nachzuweisen, um die akustische Reizantwort für die Diagnose von cerebralen Erkrankungen brauchbar zu machen.

Dazu stellt PRICE (38) fest, daß die Klassifizierung des AER als pathologisch erst dann objektiv sein kann, wenn genügend Erkenntnisse über die Veränderung der AER innerhalb physiologischer Grenzen vorliegen.

PETREK (39) stellte bei Katzen während 18-stündiger Dauerbeschallung erhebliche Amplitudenänderungen aller Teile der akustischen Reizantwort fest. Auch beim Menschen wurden Amplitudenänderungen beobachtet (ZERLIN, 56) jedoch gehen alle Untersuchungen nicht über die Dauer von 2 Stunden hinaus.

Es galt für uns zu prüfen, wie sich die Spontanaktivitäten und Spontanvariationen einer einzelnen Versuchsperson über einen Zeitabschnitt von 12 Stunden verhalten und von welchen Faktoren sie beeinflusst werden.

III. METHODE

1. Versuchsbedingungen

Als gesunde Versuchspersonen dienten Studentinnen und Studenten im Alter von 20-28 Jahren. Sie waren über die Versuchsbedingungen aufgeklärt und zu körperlicher und geistiger Entspannung angehalten. Es wurde im Liegen abgeleitet. Während der Aufnahme wurde auf größtmögliche Ruhe geachtet.

2. Versuchsanordnung

Nach gründlichem Reinigen der Kopfhaut mit Azeton wurde Elektrodenpaste auf die Ableitungsstellen gerieben. Die aufgesetzten Stiftelektroden mit Kunststoffhaltern wurden mit einer Elektrodenhaube, Typ Ediswan (KUGLER, 30), fixiert. Die Ableitungen wurden in stündlichen Intervallen wiederholt und dauerten etwa 10 Minuten. Da nach jeder Ableitung die Elektrodenhaube wieder abgenommen wurde, markierten wir die Ableitungsstellen mit einem Rotstift. Es wurde bipolar, rechts und links abgeleitet. Den einen für rechts und links gemeinsamen Ableitungspunkt bildete die Vertexelektrode, den anderen die jeweilige Mastoid-elektrode.

Als Tongeber diente das mit dem Strobotest-Gerät der Firma Schwarzer verbundene akustische Reizgerät. Der Ton wurde den Ohren direkt durch einen Hi-Fi-Kopfhörer der Firma Philips übermittelt. Die Tonfrequenz betrug 1000 Hz, die Impulsdauer $1/10$ Sek, die Intervalldauer und die Wiederholungsfolge 1,2 Sek. Die Phonzahl konnte wegen der fehlenden Eichung nicht ermittelt werden. Es wurden jeweils 100 Töne in regelmäßigen zeitlichen Abständen ausgelöst, was einer Versuchsdauer von 120 Sekunden entspricht. Die Töne wurden über einen gekoppelten Blitz und eine Photozelle auf einem EEG-Kanal registriert.

Die bioelektrischen Schwankungen des Gehirns wurden mit einem EEG-Gerät vom Typ Schwarzer auf Kanal 1 sowohl rechts als auch links nacheinander registriert. Die Reizung erfolgte immer zuerst rechts, dann links. Die Papiergeschwindigkeit betrug 30 mm/Sek, die Verstärkung 50uV=6mm. Die einzelnen Reizantworten wurden von einem Computer, Gerät NS-550 der Firma Northern Scientific, der mit dem Tongeber getriggert war, verstärkt und gespeichert. Der Computer arbeitet nach der signal-averaging Methode. Jeweils 100 Antworten wurden eingegeben und summiert.

Die Summationskurve auf dem Schirm des Oszillographen wurden mit einer Polaroidkamera und einem 32-Din Film Polaroid 3000 Speed (Typ 107) bei einer Belichtungszeit von 4 Sek und Blende 52 photographiert.

3. Versuchsablauf

Versuchsbeginn war 8 Uhr, Versuchsende um 20 Uhr. Es wurde stündlich rechts und links direkt nacheinander beschallt und abgeleitet. Die ganze Prozedur nahm durchschnittlich 10 Minuten in Anspruch, so daß 2 Personen pro Tag abgeleitet werden konnten.

IV. ERGEBNISSE

1. Vorbemerkung

Aufgrund der großen Ähnlichkeit der registrierten Auditory Evoked Responses (AER) mit den Ergebnissen von CERNACEK und CIGANEK (8), wurde deren Nomenklatur übernommen und auf die sonst gebrauchte Benennung der AER verzichtet. So wurden die Gipfel mit römischen Ziffern bezeichnet und zwar die negativen mit I, III, V und VII, die positiven mit II, IV und VI.

Da Welle I und II sehr selten auftraten, und die Wellen VI und VII meistens mit nachfolgenden Spannungselementen verschmolzen und unkenntlich wurden, beschränkten wir uns bei den folgenden Beobachtungen auf die Wellen III, IV und V, die immer sehr deutlich ausgeprägt waren. Wir maßen die Amplituden, definiert als Strecke vom Fußpunkt der Welle zum Gipfel auf der Ordinate, und die Gipfelzeiten, definiert als Strecke vom Beginn des Anstiegs der Welle bis zum Erreichen des Gipfels. Beim Vergleich der so gemessenen Gipfelzeiten kommen Spontanschwankungen der einzelnen Wellen in ihrer Form deutlicher zum Ausdruck als beim Vergleich der Latenzzeiten, die außerordentlich konstant bleiben.

2. Spontanschwankungen der Reizantworten während eines Tages

Abb. 1a und 1b zeigen das Beispiel einer Reizantwortserie wie sie normalerweise gemessen wurde

Tabelle 1a und 1b gibt einen Überblick über die von 8 Uhr bis 20 Uhr gemessenen Amplituden der Wellen III, IV und V von 10 Versuchspersonen



8°



9°



10°



11°



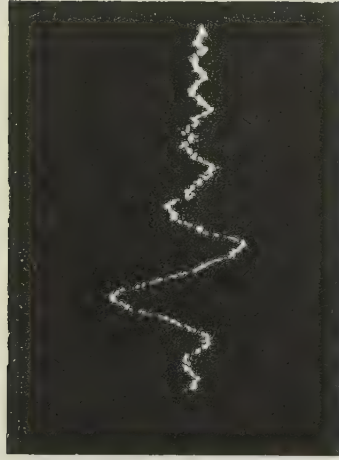
12°



13°



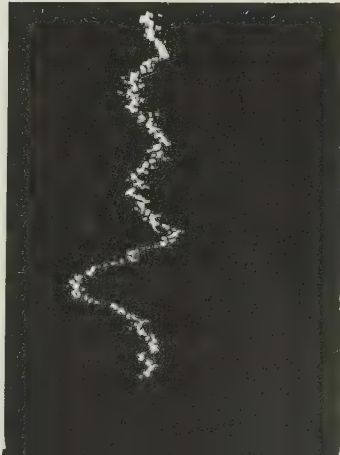
14°



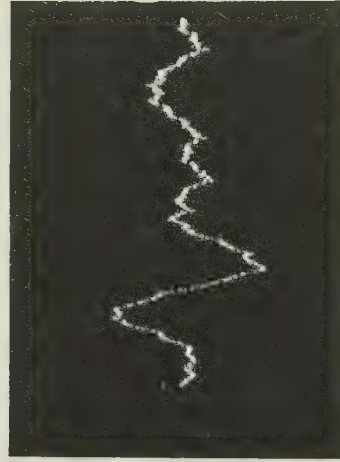
15°



16°



17°



18°



19°

BÜ.Ma. 26J. ♂ 6.8.70

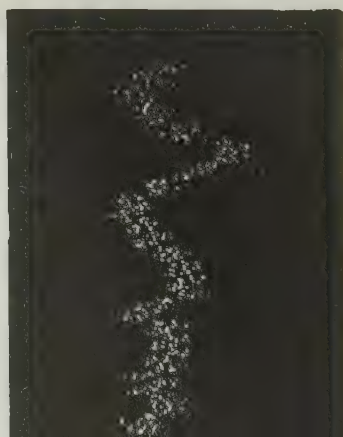
rechts



8°



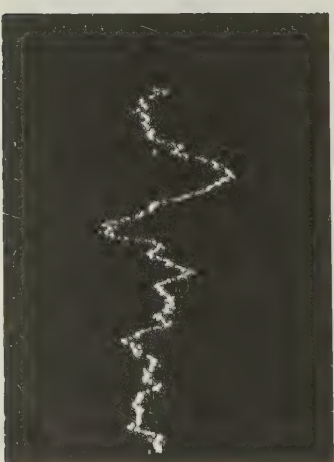
9°



10°



11°



12°



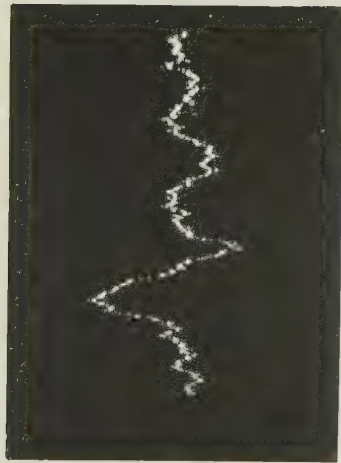
13°



16°



19°



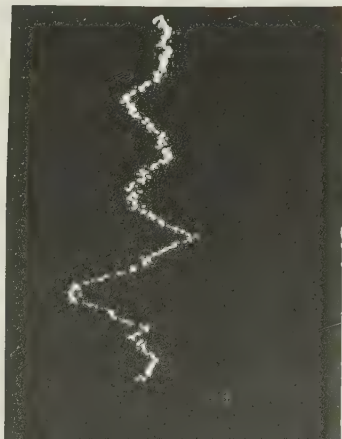
15°



18°



14°



17°

Tabelle Ia

	WELLE III				WELLE IV				WELLE V			
Zeit	M	σ	Min	Max	M	σ	Min	Max	M	σ	Min	Max
8 ⁰⁰	1,3	1,7	0,4	3,1	1,7	2,9	0,8	3,8	1,1	0,9	0,6	1,8
9 ⁰⁰	1,3	1,4	0,5	2,6	1,9	3,0	0,7	4,0	1,2	1,3	0,4	2,0
10 ⁰⁰	1,4	1,7	0,5	3,3	2,0	3,1	0,5	4,5	1,2	1,2	0,7	2,0
11 ⁰⁰	1,2	1,2	0,7	2,4	1,8	2,6	0,6	3,1	1,1	1,6	0,6	2,6
12 ⁰⁰	1,3	1,3	0,5	2,0	1,9	2,4	1,0	3,3	1,2	1,2	0,7	1,9
13 ⁰⁰	1,4	1,7	0,5	3,1	2,2	3,2	0,9	4,7	1,5	1,7	0,7	2,5
14 ⁰⁰	1,5	1,5	0,7	2,8	2,1	2,5	1,0	3,8	1,2	1,7	0,5	2,6
15 ⁰⁰	1,4	1,5	0,5	2,5	2,0	3,0	0,8	3,9	1,2	1,9	0,3	2,6
16 ⁰⁰	1,1	1,1	0,5	1,9	1,7	2,4	0,6	2,9	1,1	1,3	0,4	1,8
17 ⁰⁰	1,3	1,6	0,6	2,5	1,9	2,0	1,0	3,0	1,0	1,4	0,5	2,2
18 ⁰⁰	1,5	1,5	0,5	2,6	2,0	2,1	0,9	3,0	1,2	1,5	0,6	2,3
19 ⁰⁰	1,2	1,7	0,4	2,8	1,7	2,5	0,6	3,3	1,0	1,5	0,6	1,7
20 ⁰⁰	1,4	1,5	0,5	2,3	1,8	2,6	0,9	3,4	1,0	1,4	0,5	1,8

Tabelle Ib

	WELLE III				WELLE IV				WELLE V			
Zeit	M	σ	Min	Max	M	σ	Min	Max	M	σ	Min	Max
8 ⁰⁰	1,2	1,2	0,8	1,8	1,8	1,9	1,2	3,1	1,0	1,2	0,5	1,9
9 ⁰⁰	1,3	1,4	0,9	2,1	1,9	2,1	0,8	3,0	1,0	0,9	0,6	1,4
10 ⁰⁰	1,4	1,5	0,4	2,4	1,9	2,3	0,7	3,3	1,0	1,0	0,4	1,5
11 ⁰⁰	1,2	1,3	0,5	1,7	2,0	2,0	0,8	3,3	1,2	1,4	0,5	2,5
12 ⁰⁰	1,3	1,5	0,7	2,6	1,9	2,1	1,1	3,5	1,2	1,3	0,3	1,8
13 ⁰⁰	1,4	0,9	0,9	1,8	1,8	2,0	0,7	2,6	1,0	1,0	0,4	1,5
14 ⁰⁰	1,4	1,2	0,8	2,3	1,7	1,9	0,9	2,7	0,9	1,2	0,2	1,6
15 ⁰⁰	1,5	1,5	0,8	2,5	2,1	2,3	1,1	3,3	1,2	1,2	0,6	1,9
16 ⁰⁰	1,3	1,2	0,8	2,0	1,9	2,1	1,0	3,3	1,1	1,3	0,5	1,8
17 ⁰⁰	1,2	1,1	0,5	1,8	1,7	1,6	0,8	2,3	1,0	1,1	0,5	1,4
18 ⁰⁰	1,3	1,2	0,5	2,2	1,9	2,2	1,0	3,0	1,0	0,9	0,5	1,6
19 ⁰⁰	1,2	1,1	0,4	1,9	1,7	1,7	0,5	2,3	0,9	1,0	0,5	1,7
20 ⁰⁰	1,2	1,0	0,5	1,6	1,8	1,9	0,8	2,7	1,0	1,0	0,3	1,5

Tabelle Ia: Uhrzeiten und Amplitudenwerte der linken Seite

Tabelle Ib: Uhrzeiten und Amplitudenwerte der rechten Seite

M = Mittelwerte, σ = Standardabweichung, min = minimum,

max = maximum

Der Amplitudenmittelwert beruht auf den Reizantworten von jeweils 10 Personen. Die Zahlenangaben erfolgen in Skaleneinheiten. 1 Skaleneinheit entspricht 8 μ V.

Es ergibt sich für:

Welle III links: Die Mittelwerte liegen zwischen 1,1 und 1,5 ,die minima und maxima zwischen 0,4 und 3,3.

Welle III rechts: Die Mittelwerte liegen zwischen 1,2 und 1,5 ,die minima und maxima zwischen 0,4 und 2,6.

Welle IV links: Die Mittelwerte liegen zwischen 1,7 und 2,2 ,die minima und maxima zwischen 0,5 und 4,7.

Welle IV rechts: Die Mittelwerte liegen zwischen 1,7 und 2,1 ,die minima und maxima zwischen 0,5 und 3,5.

Welle V links: Die Mittelwerte liegen zwischen 1,0 und 1,5 ,die minima und maxima zwischen 0,4 und 2,6.

Welle V rechts: Die Mittelwerte liegen zwischen 0,9 und 1,2 ,die minima und maxima zwischen 0,2 und 2,5.

Am deutlichsten waren die Wellen III und IV ausgeprägt, während der Gipfelpunkt von Welle V teilweise nur mit Hilfe der Latenzzeit, die konstant ist, zu ermitteln war.

Abbildung 2 zeigt zur Verdeutlichung der Tagesschwankungen die graphische Darstellung der Amplitudenmittelwerte von Welle III, IV und V.

Abbildung 2

Amplitudenmittelwerte

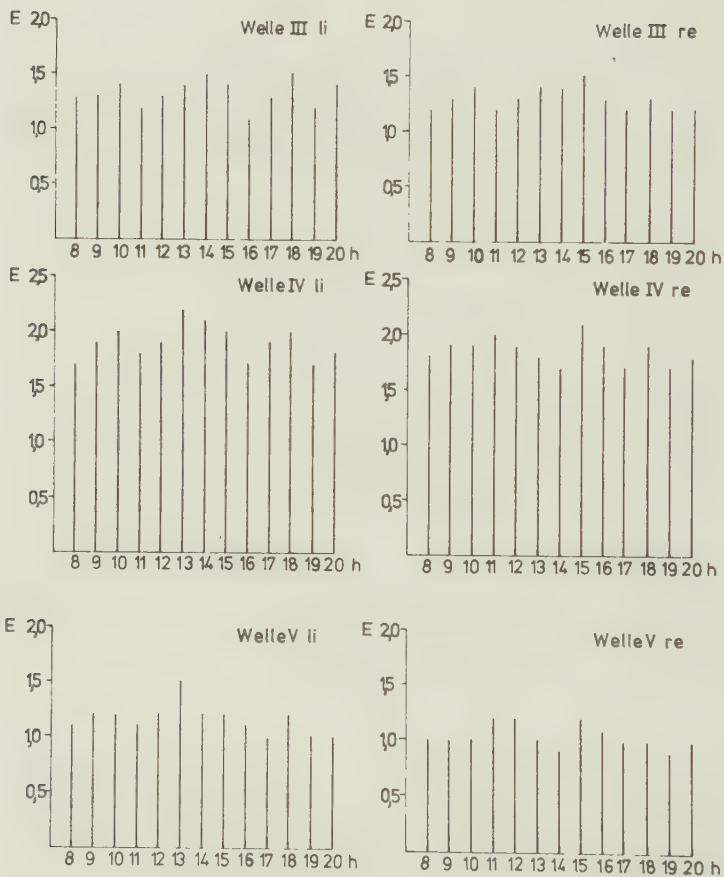
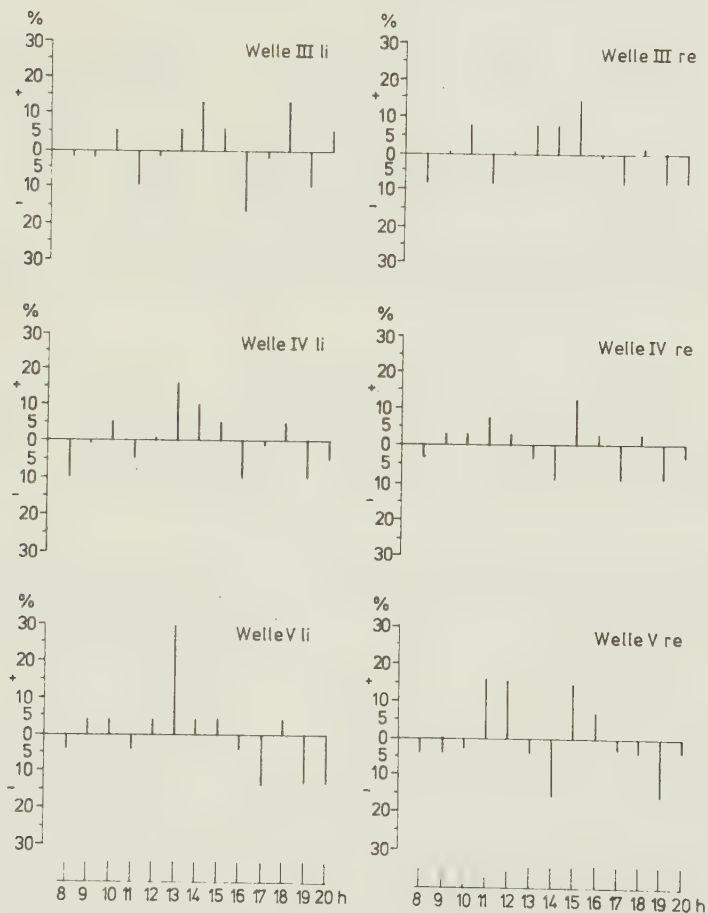


Abbildung 3

Amplitudenschwankungen um den Mittelwert in%



Es fällt auf, daß die Wellen III, IV und V auf der linken Seite die gleiche Tendenz untereinander zeigen: Bei jeder dieser Wellen treten deutlich 3 Gipfel um 10 Uhr, 13-14 Uhr und um 18 Uhr hervor. Der Gipfel um 13 Uhr erreicht dabei die höchsten Mittelwertsamplituden.

In teilweisem Gegensatz dazu steht das Verhalten der Wellen auf der rechten Seite. Zwar zeigt Welle III rechts in wenig abgewandelter Form gleiches Verhalten wie Welle III links, Welle IV und V rechts jedoch zeigen gegenüber links anderes Verhalten: Einem Gipfel um 11 Uhr folgt ein stetiger Abfall bis zu einem Tiefpunkt um 14 Uhr. Ab 15 Uhr verlaufen dann die Schwankungen wieder parallel zu denen der Welle III. Bei allen 3 Wellen rechts wird der höchste Gipfel gemeinsam um 15 Uhr erreicht.

Abbildung 3 zeigt die graphische Darstellung der prozentualen Schwankungen um den Tagesmittelwert, der aus der Gesamtzahl der stündlichen Amplitudenmittelwerte errechnet wurde.

Für Welle III links beträgt der Mittelwert 1,33 E. Die Schwankungen betragen bis zu 17%. Die Werte um 10 Uhr, 13-15 Uhr, 18 Uhr und 20 Uhr liegen über dem Durchschnitt, die Werte um 11 Uhr, 16 Uhr und 19 Uhr ebenso deutlich darunter.

Für Welle III rechts beträgt der Mittelwert 1,32 E. Die Schwankungen betragen bis zu 16%. Die Werte um 10 Uhr, 13-15 Uhr liegen deutlich über dem Durchschnitt, die Werte um 8 Uhr, 11 Uhr, 17 Uhr, 19 Uhr und 20 Uhr darunter.

Für Welle IV links beträgt der Mittelwert 1,9 E. Die Schwankungen betragen bis zu 16%. Die Werte um 10 Uhr, 13-15 Uhr und 18 Uhr liegen über dem Durchschnitt, die Werte um 8 Uhr, 11 Uhr, 16 Uhr, 19 Uhr und 20 Uhr darunter.

Für Welle IV rechts beträgt der Mittelwert 1,85 E. Die Schwankungen betragen bis zu 13%. Die Werte um 11 Uhr und 15 Uhr liegen deutlich über dem Durchschnitt, die Werte um 14 Uhr, 17 Uhr und 19 Uhr deutlich darunter.

Für Welle V links beträgt der Mittelwert 1,15 E. Die Schwankungen betragen bis zu 30 %. Der Wert um 15 Uhr liegt weit über dem Durchschnitt, die Werte um 17 Uhr, 19 Uhr und 20 Uhr deutlich darunter.

Für Welle V rechts beträgt der Mittelwert 1,05 E. Die Schwankungen betragen bis zu 16%. Die Werte um 11 Uhr, 12 Uhr, 15 Uhr und 16 Uhr liegen deutlich über dem Durchschnitt, die Werte um 14 Uhr und 19 Uhr ebenso deutlich darunter.

Insgesamt zeigt die linke Seite stets die stärkeren Schwankungen und den höheren Mittelwert. Die Seitendifferenzen im Mittelwert zeigen sich deutlich bei Welle V, weniger deutlich bei Welle IV und beinahe garnicht bei Welle III.

Tabelle IIa und IIb zeigen einen Überblick über die von 8 Uhr bis 20 Uhr gemessenen Gipfelzeiten der Wellen III, IV und V rechts und links.

Die Zahlenangaben erfolgen in Millisekunden

Es ergibt sich für

Welle III links: Die Mittelwerte liegen zwischen 43msek und 52msek, die Minima und Maxima zwischen 28msek und 78msek

Welle III rechts: Die Mittelwerte liegen zwischen 43msek und 53msek, die Minima und Maxima zwischen 23 und 73msek

Welle IV links: Die Mittelwerte liegen zwischen 60msek und 70msek, die Minima und Maxima zwischen 28 und 98msek

Tab IIa	WELLE III				WELLE IV				WELLE V			
Zeit	M	σ	Min	Max	M	σ	Min	Max	M	σ	Min	Max
8 ⁰⁰	48	35	28	73	63	28	35	73	51	28	35	73
9 ⁰⁰	47	28	28	57	65	31	42	78	55	35	35	92
10 ⁰⁰	43	28	28	57	65	31	42	98	50	29	35	57
11 ⁰⁰	46	27	28	64	64	30	42	85	54	28	42	73
12 ⁰⁰	49	26	35	57	66	29	57	85	53	30	42	78
13 ⁰⁰	46	33	28	64	65	28	57	85	56	32	42	73
14 ⁰⁰	52	28	42	78	67	29	50	85	47	31	28	64
15 ⁰⁰	49	30	35	73	62	31	35	73	52	32	28	78
16 ⁰⁰	48	29	35	64	63	32	28	85	52	31	42	78
17 ⁰⁰	51	28	35	64	60	30	35	73	45	30	28	64
18 ⁰⁰	52	31	35	73	70	28	57	85	52	32	35	78
19 ⁰⁰	45	29	35	64	61	28	42	78	49	35	28	78
20 ⁰⁰	50	28	28	73	66	29	42	85	48	32	35	57

Tab IIb	WELLE III				WELLE IV				WELLE V			
Zeit	M	σ	Min	Max	M	σ	Min	Max	M	σ	Min	Max
8 ⁰⁰	46	28	28	57	68	32	35	92	51	27	35	57
9 ⁰⁰	45	27	28	57	67	27	57	78	51	28	35	64
10 ⁰⁰	46	28	23	57	64	32	42	92	52	30	35	73
11 ⁰⁰	43	28	28	57	70	29	57	92	49	31	28	64
12 ⁰⁰	48	26	42	57	65	28	57	85	53	31	42	73
13 ⁰⁰	45	27	35	57	67	33	50	92	44	20	42	57
14 ⁰⁰	53	29	35	73	65	34	35	85	50	30	28	73
15 ⁰⁰	47	26	35	64	63	28	50	78	53	28	35	73
16 ⁰⁰	46	25	35	57	67	25	57	78	47	30	28	64
17 ⁰⁰	45	26	35	64	70	32	57	92	50	26	28	64
18 ⁰⁰	47	25	35	57	67	23	57	73	50	26	35	64
19 ⁰⁰	45	28	28	73	64	28	57	78	44	28	28	64
20 ⁰⁰	47	27	35	73	66	32	57	85	48	27	35	73

Tabelle IIa: Uhrzeiten und Gipfelzeiten der linken Seite in msec

Tabelle IIb: Uhrzeiten und Gipfelzeiten der rechten Seite in msec

M=Mittelwert, σ =Standardabweichung, Min=Minimum, Max=Maximum

Abbildung 4

Mittelwerte der Gipfelzeiten

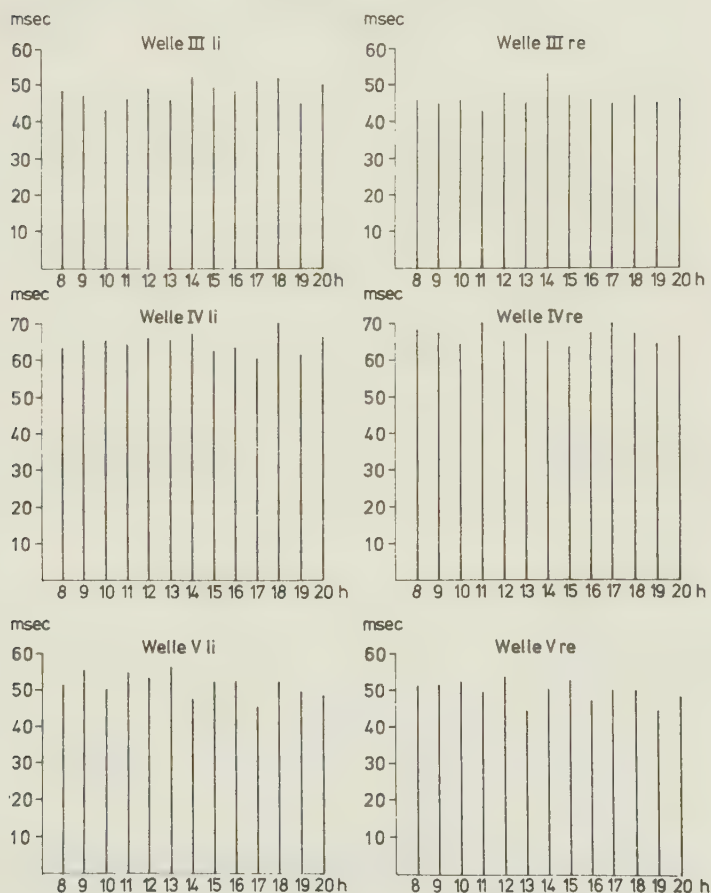
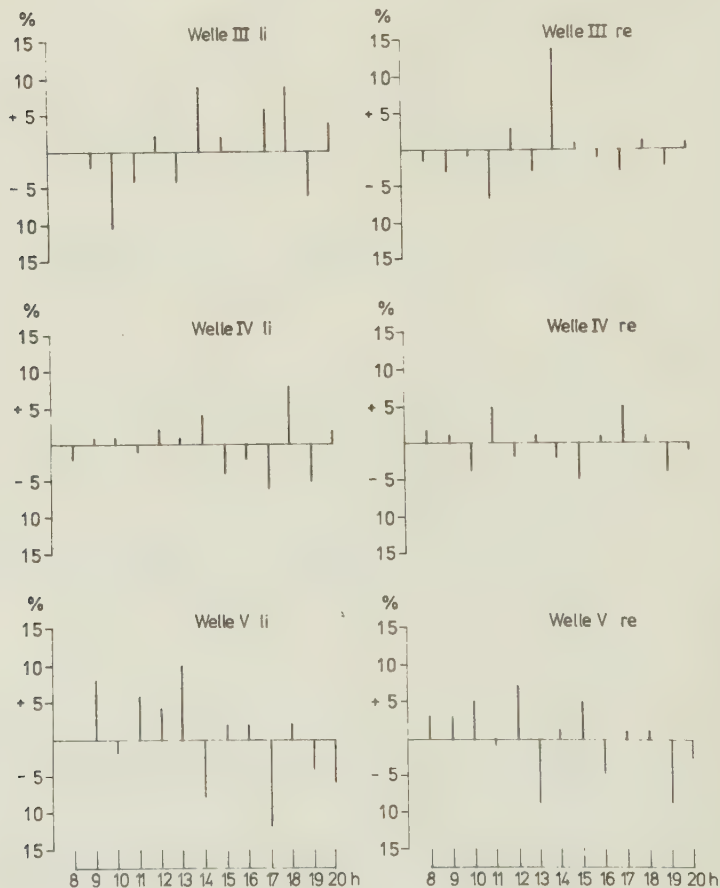


Abbildung 5

Schwankungen der Gipfelzeiten um den Mittelwert in %



Welle IV rechts: Die Mittelwerte liegen zwischen 63msek und 70msek, die Minima und Maxima zwischen 35 und 92msek
Welle V links: Die Mittelwerte liegen zwischen 45msek und 56msek, die Minima und Maxima zwischen 28 und 92msek
Welle V rechts: Die Mittelwerte liegen zwischen 44msek und 53msek, die Minima und Maxima zwischen 28 und 73msek

Wie die graphische Darstellung der Mittelwerte der Gipfelzeiten (Abbildung 4) zeigt, läßt sich hier kaum eine einheitliche Tendenz der Wellen erkennen. Eine direkte Beziehung zwischen Amplitudenhöhe und Gipfelzeit, wie sie vielleicht zu erwarten gewesen wäre, läßt sich nicht herstellen. Es stehen zwar einigen hohen Amplitudenwerten lange Gipfelzeiten gegenüber, so wie bei Welle V links um 13 Uhr oder Welle III links um 18 Uhr, wesentlich häufiger ist jedoch das Gegenteil.

Abbildung 5 zeigt die graphische Darstellung der prozentualen Schwankungen der Gipfelzeiten um den Tagesmittelwert, der aus der Gesamtzahl der stündlichen Werte errechnet wurde.

Für Welle III links beträgt der Mittelwert 48msek. Die Schwankungen betragen bis zu 11%. Die Werte um 14 Uhr und um 18 Uhr liegen verhältnismäßig weit über dem Durchschnitt, der Wert um 10 Uhr darunter.

Für Welle III rechts beträgt der Mittelwert 46,5msek. Die Schwankungen betragen bis zu 14%. Die Schwankungen sind bis auf den Wert um 14 Uhr sehr gering.

Für Welle IV links beträgt der Mittelwert 64,5msek. Die Schwankungen betragen bis zu 8%. Die Abweichungen vom Durchschnitt sind sehr gering.

Für Welle IV rechts beträgt der Mittelwert 66,5msek. Die Schwankungen betragen nur bis zu 5%. Die Abweichungen sind wie auf der linken Seite minimal.

Für Welle V links beträgt der Mittelwert 51msek.
Die Schwankungen betragen bis zu 12%. Bis um 13Uhr
liegen die Werte über dem Durchschnitt, später hauptsächlich darunter.

Für Welle V rechts beträgt der Mittelwert 49,5msek.
Die Schwankungen betragen bis zu 10%.

Insgesamt sind die Schwankungen sowohl für sich betrachtet als auch im Vergleich zu den Amplituden gering, wobei besonders die Anstiegszeiten der Welle IV, links wie rechts, durch ihre Beständigkeit und Gleichmäßigkeit auffallen.

3. Vergleich zwischen rechter und linker Seite

Obwohl wir nicht gleichzeitig rechts und links ableiten konnten, sondern immer zuerst rechts dann links, sollen einige auffallende Unterschiede dargestellt werden, da die zeitliche Differenz nur etwa 3 Minuten betrug, die Fehlerquote also relativ gering zu erachten ist.

Es ergibt sich:

Zwischen 11 und 14 Uhr zeigen die Amplituden von Welle IV und V rechts und links ein unterschiedliches Verhalten. Während die Amplituden links von 11 bis 13 Uhr stark ansteigen, zeigt sich rechts ab 11 Uhr ein stetiger Abfall bis um 14 Uhr. Erst um 15 Uhr werden auf beiden Seiten wieder in etwa gleiche Werte erreicht.

Die Tagesmittelwerte der Amplituden von Welle IV und V sind links höher als rechts (Differenz: Welle V 10%, Welle IV 3%, dagegen Welle III nur 0,7%). Da unsere Versuchspersonen ausschließlich Rechtshänder waren, kann dieses Ergebnis als Ausdruck einer Hemisphärendominanz gewertet werden.

Die Gipfelzeiten aller 3 Wellen weisen zwischen rechts und links zum Teil erhebliche Unterschiede auf, die jedoch in kein bestimmtes Schema einzuordnen sind und eher zufällig erscheinen.

4. Tagesschwankungen mit zyklischem Verlauf

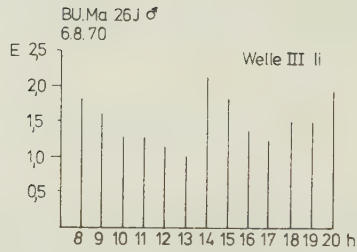
Bei der Einzelanalyse der 20 Versuchsreihen (links und rechts) zeigt sich, daß die Wellen III, IV und V in 56% ihrer Tagesabläufe zyklischen Schwankungen unterworfen sind. Eine Aufschlüsselung dieser Schwankungen in 2-, 3-, 4-Stunden- und Halbtageszyklen ergibt folgende Werte:

Zyklus	W III		W IV		W V	
	li	re	li	re	li	re
2-St.	2	0	2	2	2	3
3-St.	0	2	2	4	1	1
4-St.	3	0	1	0	2	0
Halbtag	3	1	1	1	1	1

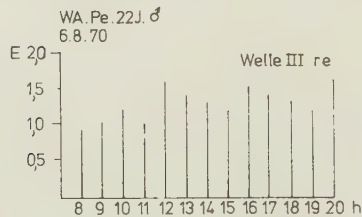
Selten sind die Fälle, in denen alle 3 Wellen zusammen einem einheitlichen Zyklus gehorchen oder eine Welle links wie rechts den gleichen Zyklus zeigt. Bei einigen Wellen läßt sich ein Mischrythmus von 2- und 3-Stundenzyklus beobachten.

Auffallend ist die Form der Schwankungen. Der Zyklus vollzieht sich nicht in einem sinusförmigen Verlauf sondern eher block- und schwellenartig. Auf ein Abfallen der Amplitude erfolgt ein plötzlicher Anstieg, der dann in 2-, 3-, 4-Stunden wieder abgebaut wird, worauf sich der ganze Vorgang wiederholt.

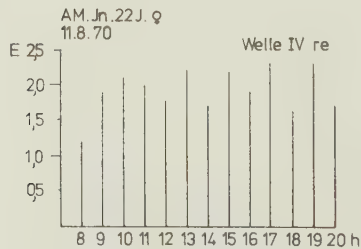
Abbildung 6, 7 und 8 zeigen Beispiele für zyklische Tagesschwankungen.



Halbtageszyklus von Welle III links (s. Abb.1a)



4-Stundenzyklus von Welle III rechts



2-Stundenzyklus von Welle IV rechts

Abb.6: Beispiele für zyklische Tagesabläufe

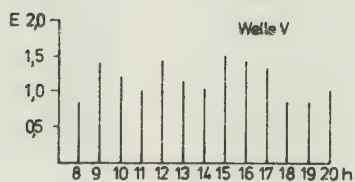
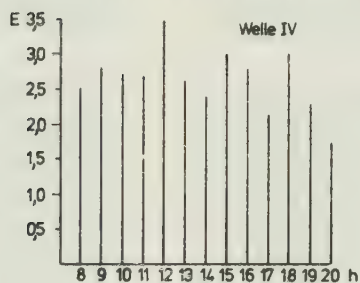
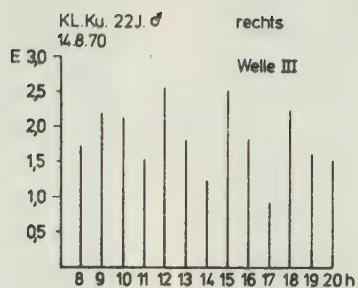
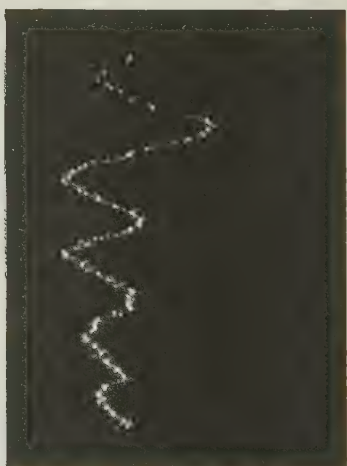


Abb.7: 3-Stundenzyklus aller 3 Wellen rechts in synchronem Ablauf (s. Abb. 8)



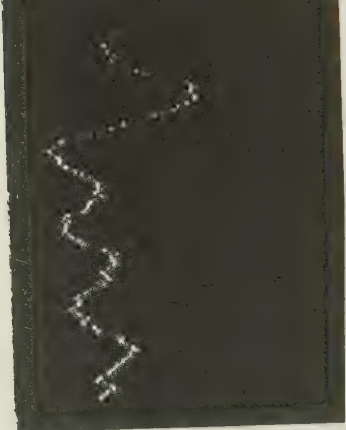
8⁰⁰



9⁰⁰



10⁰⁰



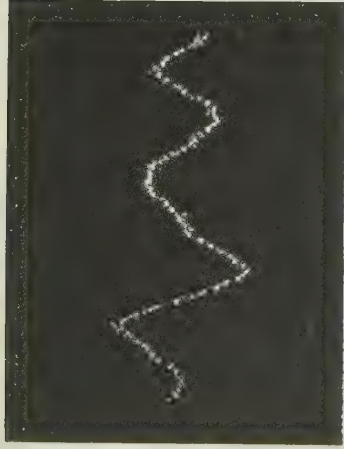
11⁰⁰



12⁰⁰



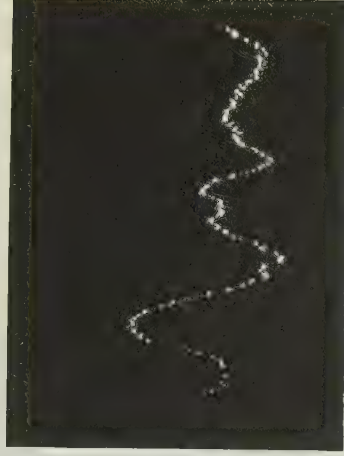
13⁰⁰



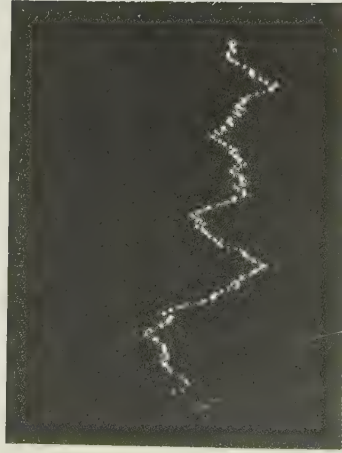
14⁰⁰



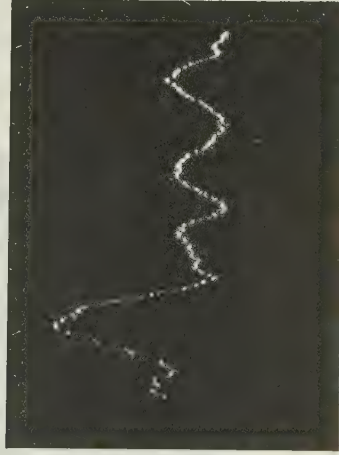
15⁰⁰



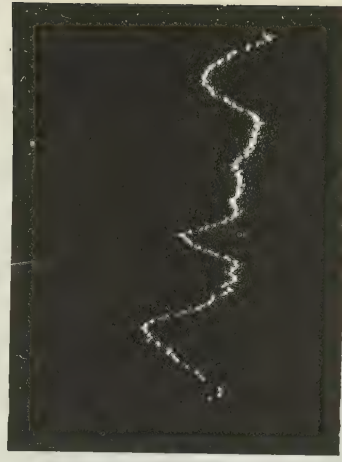
16⁰⁰



17⁰⁰



18⁰⁰



19⁰⁰

5. Differenzierung im Aufbau von Welle III

Wie schon FRUHSTORFER (17) und DAVIS (13) zeigten, konnten auch wir überlagernde raschere Komponenten von Welle III feststellen. Aus Abbildung 9 geht hervor, daß Welle III von 3 rascheren Einheiten zusammengesetzt wird, die mehr oder weniger stark miteinander verschmelzen. Diese Überlagerung kann zu höheren Amplituden von Welle III führen.

Abbildung 10 gibt ein Beispiel für diese Behauptung. Daß es sich bei dieser Überlagerung nicht um einen Artefact handelt, beweisen die Meßergebnisse, die von einer Versuchsperson stammen, bei der alle 13 Aufnahmen sowohl links wie rechts die Aufsplitterung konstant und deutlich zeigen.

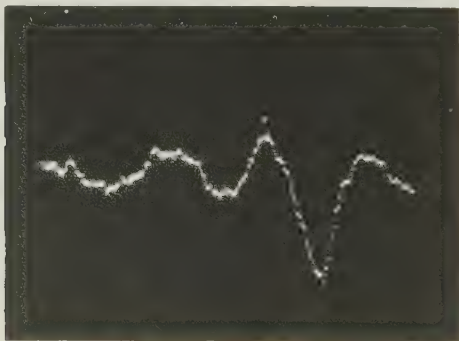
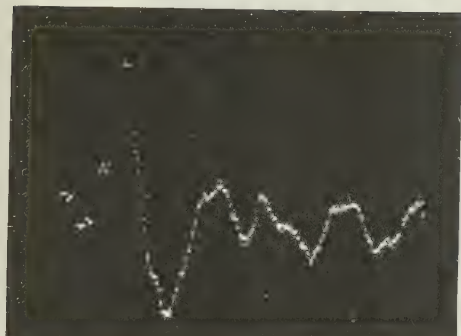


Abbildung 9: Aufgliederung von Welle III (HO.He.26J.
14" li.)

PE.Th. 24J. ♂ links

13⁰⁰



14⁰⁰

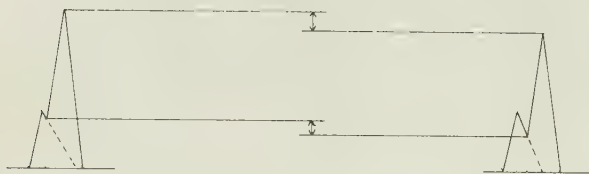
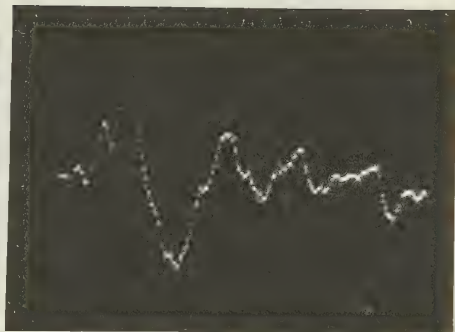


Abb.10: Amplitudenvergrößerung durch Überlagerung bei Welle III

6. Relation zwischen EEG-Aktivität und Reizpotential

Aus der Gesamtzahl der Meßwerte einer einzelnen Person konnten wir keinen Zusammenhang zwischen Amplitudenhöhe der Reizantwort und der EEG-Aktivität ersehen. Die EEG-Aktivität bei hoher Amplitude und die bei niedriger Amplitude der Reizantworten bei derselben Person zeigte keinen Unterschied.

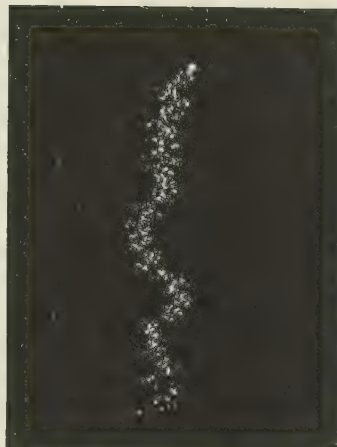
Auch beim Vergleich der Ergebnisse verschiedener Personen läßt sich keine klare Relation finden. Personen mit sehr ähnlicher EEG-Aktivität zeigten in der Amplitudenhöhe der Reizantwort zum Teil große Unterschiede.

Bei einem Fall trat eine Abhängigkeit der Reizantwort vom EEG auf. Eine rasche EEG-Frequenz von 24-27/sek mit niedrigen Amplituden war mit den kleinsten Amplituden der akustisch evozierten Reizantwort verbunden.

Abbildung 11 zeigt links oben die EEG-Ableitung und rechts oben die dazugehörige sehr niedrige Potentialamplitude, darunter Ableitung und Reizantwort wie sie der Durchschnitt unserer Versuchspersonen aufwies.

Aufgrund dieses Ergebnisses kann eine Relation zwischen Amplitudenhöhe des akustisch ausgelösten Reizpotentials und der EEG-Aktivität vermutet werden.

AM. Jo. 22J. ♀ 10.8.70 re. Abl. 10°



AM. Jn. 24J. ♀ 10.8.70 li. Abl. 18°

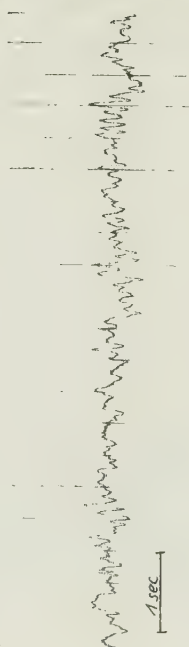


Abb. 11

V. DISKUSSION

Leider konnten wir bei unseren Versuchsreihen nicht von optimalen räumlichen Verhältnissen ausgehen. Ein schalldichter Raum stand nicht zur Verfügung. Um äußere unkontrollierbare Schalleinwirkungen soweit wie möglich auszuschalten, benutzten wir dichtschießende Kopfhörer. Dies wiederum erschwerte das Anlegen der Mastoidelektrode. Ein geringfügiges Verrutschen der Kopfhörer erzeugte starke Artefakte und machte eine sofortige Wiederholung der Aufnahme notwendig.

Eine zweite Schwierigkeit lag in der langen Versuchsdauer von 13 Stunden. Um genau alle 60 Minuten ableiten zu können, ließen wir die Versuchspersonen zwischen zwei Messungen nicht weggehen, sodaß sie sich zwölf Stunden ununterbrochen in einem Raum aufhalten mußten. Dies hatte eine gewisse Verdrossenheit und Unruhe zur Folge.

Bevor die Tagesschwankungen der Reizantworten beurteilt werden können, müssen zunächst die Reproduzierbarkeit und Stabilität des "auditory evoked potential" diskutiert werden.

FRUHSTORFER(7) fand bei seinen Versuchen, daß die Amplituden der Einzelpotentiale einer Person eine Streuung von mehr als 15uV aufweisen, die sich nicht durch Vigilanzschwankungen erklären läßt. ZERLIN(56) stellte fest, daß die Amplituden der Einzelantworten in Gausscher Verteilung variieren. BEAGLEY(5) und MC CANDLESS(33) beobachteten ebenfalls starke Schwankungen der Einzelamplituden. Oben zitierte Autoren stellten jedoch übereinstimmend eine hohe Stabilität der Latenzzeiten fest.

Aus ihren Untersuchungen geht hervor, daß ein gut reproduzierbares, stabiles Aktionspotential nur eine Summationskurve aus möglichst vielen Einzelantworten sein kann. DAVIS(13) und CORDONE(10) erhielten mit einer Summationskurve aus 100 Antworten, einer Anzahl, wie wir sie auch

bei unseren Versuchen gebrauchten, stabile und gut reproduzierbare Potentiale.

Es ist nun zu fragen, in wie weit eine so hohe Stimulanzanzahl nicht zu einer Gewöhnung b.z.w. Habituation und so zu einer Amplituden- oder Latenzänderung der Einzelantworten führt. Darüber liegen Untersuchungen mit zum Teil sehr gegensätzlichen Ergebnissen vor.

FRUHSTORFER(18), LIEBMANN(31) beobachteten einen ziemlich raschen Abfall der Amplituden schon nach wenigen Reizen; ZERLIN(56) stellte nach 2-stündigen Stimulationen eine Abnahme der Amplitude um 20% fest. Bei allen blieb die Latenzzeit jedoch relativ konstant. WEBER(49) bemerkte einen Amplitudenrückgang nur bei Reizen mit langer Dauer, während er bei Tonlängen unter 100 Millisekunden ein Gleichbleiben in Amplitude und Latenz feststellt. Dem jedoch widersprechen SKINNER(45) und MC CANDLESS(33), die bei ihren Summationskurven bei Veränderung der Tondauer keine Veränderung der Amplituden wahrnehmen konnten. Wir müssen diesen früheren Arbeiten zufolge mit einer Beeinflussung der Reizantwort durch Habituation rechnen. Dies kann bei unseren Untersuchungen Unterschiede zwischen rechts und links bewirkt haben, da wir immer zuerst rechts und dann links registriert haben. Doch haben auch andere Untersuchungen solche Asymmetrien gezeigt(s.S.29), so daß wir den Einfluß der Habituation vernachlässigen können.

Die Form der Reizantwort hängt überdies entscheidend von der Methode der Registrierung ab.

Übereinstimmend fanden DAVID(12), MC CANDLESS(32), BANZAUD(2) und GASTAUT(20) bei der Ableitung vom Vertex zum Mastoid oder zum Ohr läppchen die höchsten Amplituden. VAUGHAN(48) stellte aber fest, daß das Mastoid im Gegensatz zum Ohr läppchen eine aktive Elektrode ist. Da nach

seinen Meßergebnissen, die Polarität des AER auf einer Linie über der Sylvischen Fissur umkehrt, erhält man bei der Ableitung vom Vertex zum Mastoid die Addition von Potentialen entgegengesetzter Polarität und somit maximale Amplituden. Deshalb verwendeten wir auch bei unseren Messungen diese Ableitung.

Eine relativ geringe Auswirkung auf die akustische Reizantwort zeigt die Frequenz des Tones. TYBERGHAIN(47) fand bei niedrigen Frequenzen bis zu 2000 Hz klarere Antworten als bei hohen Frequenzen. ROTHMAN(43) stellte eine direkte Beziehung zwischen Frequenzzunahme und Amplitudenabnahme fest. Dagegen gaben MC CANDLESS(33) und DAVIS(13) bei Frequenzen bis 4000 Hz keine Abhängigkeit der Reizantwort von der Tonhöhe an.

Ein stärkerer Einfluß auf die Reizantwort wird dem Intervall zwischen den Reizen einer Serie beigemessen.

MC CANDLESS(33) und ZERLIN(56) beschreiben eine Verkleinerung der Amplitude bei zunehmender Stimulusrate b.z.w. abnehmendem Intervall zwischen den Reizen. DAVIS(13) erhielt bei einem Intervall von 3 Sek die höchsten Amplituden. Bei Verkleinerung des Intervalls auf eine Sek betrug die Amplitude noch ein Viertel und bei 0,5 Sek nur noch einSechstel des Ausgangswertes bei 3 Sek. NELSON(35) stellt die Amplitude als eine lineare Funktion des $\log_{10}$ vom Intervall zwischen den Reizen dar.

Ein direktes Verhältnis zwischen Amplitudenhöhe und Tonintensität und ein indirektes Verhältnis zwischen Latenzzeit und Intensität bestätigten übereinstimmend TYBERGHEIN(47) MC CANDLESS(32), DAVIS(13), HENRIKSEN(25), ANTINORO(1) und BEAGLEY(4). BUTLER(7) fand heraus, daß bei einem 1000 Hz Ton das Anwachsen der Amplitude in einer Funktion mit dem Exponent 0,18 dem Anwachsen der Intensität folgt. JEWETT(28) beschrieb einen solchen Zusammenhang nur für

sehr frühe Potentiale bis zu Welle III, während bei ihm die späteren Wellen IV und V von der Tonintensität nicht beeinflusst wurden.

Wir arbeiteten mit möglichst hohen Intensitäten, die aber von den Versuchspersonen noch als angenehm empfunden wurden, da zu starke Intensitäten zu Schreckreflexen in Form von Augenzwinkern und Kopfhautspannungen führten, was starke Muskelartefaktbildung mit sich brachte.

JEWETT(28) konnte bei hohen Intensitäten Potentiale in der Muskulatur des Kopfes messen, DAVIS(13) bemerkte ein Lidzittern, beide beobachteten wegen dieser Störfaktoren eine erhebliche Verfälschung ihrer Reizantworten.

Wie oben erwähnt, konnten wir diesen Artefakten durch mäßige Tonintensitäten vorbeugen. Schwierig dagegen war es, Störungen wie Schlucken, Räuspern und Gähnen der Versuchsperson auszuschalten, die die Reizantwort ganz erheblich veränderten. Deshalb wiederholten wir beim Auftreten der geringsten Störung die Aufnahme und deshalb können wir eine Beeinflussung unserer Ergebnisse durch Artefakte mit guter Wahrscheinlichkeit ausschließen.

Alle bisher diskutierten Faktoren beeinflussen die Form der Reizantwort nur dann, wenn sie selbst verändert werden. Da diese Faktoren in unseren Versuchen konstant gehalten wurden, können sie für die Tagesschwankungen, die wir beobachtet haben, nicht verantwortlich gemacht werden.

Für diese Veränderungen kann die Aufmerksamkeitslage von Bedeutung sein. HAIDER(22) fand, daß mit der Abnahme der Aufmerksamkeit eine Abnahme der Reizantwort in einem direkten positiven Verhältnis verbunden ist. Er gab seinen Versuchspersonen eine Serie von konstanten Signalen, die mit abweichenden Signalen durchmischt war. Am Anfang des Versuches wurden noch 80% dieser abweichenden Signa-

le erkannt, die Amplitude lag bei 13uV, nach 80 min wurden nur noch 50% entdeckt, die Amplitude nahm auf 10uV ab, die Latenz stieg geringfügig an. Erkannte Signale erzeugen also höhere Amplituden als nicht erkannte.

Zu ähnlichen Ergebnissen kam WILKINSON(53). Er zeigte, daß bei nachlassender Aufmerksamkeit die Amplituden der Wellen III und IV abnehmen, die der Welle V dagegen ansteigt. Er(52) schloss deshalb, daß eine Änderung der Amplitude von Welle III eine Änderung der Aufmerksamkeit ausdrückt.

Die Aufmerksamkeitslage wird oft auch als Vigilanz oder Grad der Wachsamkeit bezeichnet.

FRUHSTORFER(19) beobachtete ein Abnehmen der Amplitude des akustisch evozierten Potentials bei abnehmender Wachsamkeit, d.h. Übergang von desynchronisierter, rascher Tätigkeit zum -Rythmus, bei Übergang zum Schlaf nimmt die Amplitude jedoch wieder zu. Er erklärt dies aus einer Abnahme der Aktivität gewisser Hirnfunktionen, die für die Aufrechterhaltung einer genügenden Subjekt-Umwelt Beziehung nötig sind. Allerdings ging er nicht auf Unterschiede zwischen Welle III und V ein.

Während bei FRUHSTORFER(19) die Latenzen bei Übergang zum Schlaf unverändert bleiben, stellten HRBEK(27) und DAGNINO(11) neben einem Anwachsen der Amplituden auch eine Latenzzeitzunahme fest.

HALL(23), WILLIAMS(54) und TAGUCHI(46) stellten bis zum Schlafeintritt kaum eine Änderung der Reizantwort fest, erst beim Übergang von leichtem zu tiefem Schlaf registrierten sie ein deutliches Anwachsen von Welle V, während die Amplituden von Welle III und IV abnahmen. Demgegenüber fanden WEITZMANN(51) und ORNITZ(36), daß besonders die Amplitude von Welle V schon mit Näherung an den Schlaf wächst und ein Maximum etliche Minuten vor Schlafeintritt erreicht. Sie hielten deshalb die Amplitude von Welle V für den Anzeiger der Schwelle der Wachsamkeit.

Obwohl wir unsere Versuchspersonen immer wieder zu erhöhter Aufmerksamkeit und Wachsamkeit aufforderten, müssen wir doch mit einer Beeinflussung durch eine nicht zu bekämpfende Müdigkeit nach dem Mittagessen und gegen Abend zu rechnen. Diese könnte die zeitlichen Verschiebungen der unterschiedlichen Amplitudenänderung von Welle III und V bewirkt haben.

Eine gewisse Bedeutung für die Schwankungen der akustischen Reizantwort könnte der Nahrungsaufnahme zukommen. Es fällt auf, daß nach dem Mittagessen nach 12 Uhr ein Anstieg der Amplituden erfolgte. Über Auswirkungen der Nahrung für die menschliche Reizantwort liegen noch keine Untersuchungen vor. Doch ist anzunehmen, daß auch diese indirekt über Änderungen der Vigilanz die Reizantworten beeinflussen könnten.

FELDMANN(16) untersuchte die Reizantworten von Katzen nach intravenöser Injektion von hypertonischen NaCl-, KCl- und Zuckerlösungen. Er fand kurz nach der Injektion eine Amplitudenabnahme des evozierten Potentials; nach 60 Minuten jedoch vergrößerte sich die Amplitude über ihren ursprünglichen Wert hinaus. Diese Vergrößerung der corticalen Antwort richtete sich entweder zur positiven oder negativen Seite und blieb über einen längeren Zeitraum bestehen.

Beim Hund kam PUIGGARI(40) zu ähnlichen Ergebnissen.

KAWAMURA(29) untersuchte Gleichspannungsänderungen, die sich sehr wahrscheinlich auch auf die Reizantwort auswirken, am Schädel der Ratte nach Essen und Trinken. Wasser bewirkte eine markante positive Änderung, welche ihr Maximum nach einer halben Stunde erreichte, wobei isotone Lösungen eine länger anhaltende Änderung bewirkten. Essen bewirkte eine negative Veränderung des Potentials, das Maximum wurde nach 30 Minuten erreicht, der Ausgangswert nach 90 Minuten. Nach Essen und Trinken beobachtete er eine negative Potentialänderung.

Eine interessante Untersuchung über evozierte Potentiale und Erleben des Reizes machte GULTMANN(21). Er fand, daß sich die Amplituden von Welle III und IV bei gleichbleibenden Reizen, aber subjektiven Intensitätsunterschieden in derselben Richtung verändern, wie bei objektiven Reizunterschieden. Daraus folgerte er, daß die Veränderung dieser Komponenten entsprechend der erlebten Intensität als biologisches Korrelat der psychischen Prozesse angesehen werden kann.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Veränderung der akustisch erzeugten Reizantwort viele Ursachen, sowohl exogener wie endogener Art haben kann, deren einzelne im Laufe eines Tages mehr oder weniger stark auf die Reizantwort einwirken.

Esist nun die Frage, inwieweit die von uns gemessenen Schwankungen einen exogenen Ursprung haben und mehr oder weniger Zufallsprodukte sind.

Da alle oben genannten Faktoren zeitlich ziemlich konstant einwirkten, Essen zu festen Zeiten, Müdigkeit nach dem Essen, Nachlassen der Aufmerksamkeit gegen Abend, die Zyklen der Amplitudenvariationen davon jedoch nicht abzuhängen scheinen, können wir bei ihnen eine endogene Ursache vermuten, zumal dies in einer Arbeit von EISELE(15) für die occipitale Reizantwort auch angenommen wurde. ZERLIN(56) fand bei seinen Untersuchungen keine Veränderungen des akustisch evozierten Potentials nach zyklischem Muster, jedoch beobachtete er die Änderungen nur über einen Zeitraum von 2 Stunden und außerdem nur an einer einzigen Versuchsperson.

Kritisch müssen wir die von uns gemessenen Seitenunterschiede beurteilen, da wir nicht synchron rechts und links ableiten konnten.

Eine mögliche Habituation, die durch das zeitliche Nacheinander der Ableitungen zu vermuten wäre, können wir jedoch ausschließen, da wir immer zuerst rechts und dann links ableiteten aber gerade auf der linken Seite höhere Werte erhielten.

BAUST(3) stellte bei seinen Versuchen an normalen gesunden Versuchspersonen eine Seitendifferenz bis zu 38% fest. Zu ähnlichen Ergebnissen für die occipitale Reizantwort kam EISELE(15). WEINSTEIN(50) konnte nachweisen, daß bei normalen Rechtshändern die linke Hemisphäre höhere Werte zeigt, was mit den Asymmetrien unserer Untersuchung übereinstimmt.

So wie wir einerseits keinen klaren Zusammenhang zwischen EEG-Amplitude und Reizantwort feststellen konnten, andererseits aber bei einer Person die Amplitudenänderung der Reizantwort von einer Änderung der EEG-Amplitude begleitet wurde, so widersprüchlich sind auch die bisherigen Untersuchungen über den Zusammenhang von Reizantwort und EEG. PRICE(37) stellte ein positives Verhältnis zwischen der Amplitude der EEG-Aktivität und der Amplitude der Reizantwort auf, zwischen EEG-Frequenz und Amplitude des evozierten Potentials sah er keinen Zusammenhang. WOODS(55) meinte, daß die akustische Reizantwort überhaupt nur in Zusammenhang mit der "background activity" des EEG interpretiert werden könne, da sich Änderungen in der Hintergrundaktivität sofort auf das evozierte Potential übertragen. DAVIS(13) und HORVATH(26) konnten nur einen geringen Einfluß des EEG-Hintergrundes auf die Amplitudenfluktuation des akustisch evozierten Potentials erkennen. BAUST(3) endlich bestreitet jeglichen Zusammenhang. Er untersuchte die Reizantworten von Personen mit pathologischem EEG-Befund. Daß er dabei keine Veränderung in der Reizantwort fand, ist für ihn ein Beweis, daß keine Rela-

tion zwischen akustisch evozierten Potentialen und Hintergrundaktivität des EEG besteht.

Bei allen Messungen spielt der Elektrodenwiderstand eine Rolle. Er hat erfahrungsgemäß so große Unterschiede, daß die Beobachtungen der einzelnen Autoren nicht direkt miteinander verglichen werden können. Sein Einfluß scheint so stark zu sein, daß keine erkenntlichen Beziehungen feststellbar sind. Wir können aus dem Gesamteindruck und Einzelbeobachtungen(s.S. 24) nur vermuten, daß hohe Reizantworten bei hoher Grundtätigkeit häufig vorkommen.

Wir konnten bei unseren Untersuchungen eine Aufsplitterung von Welle III feststellen, die eine Zusammensetzung dieser Welle aus 3, zumindest 2 Komponenten deutlich macht. Auch FRUHSTORFER(17) und DAVIS(13) beschrieben ein solches "splitting" von Welle III, gehen dieser Beobachtung aber nicht weiter nach. Da JEWETT(28) Welle III als Potential des Hörnerven herausfand, könnte man diese Welle als Summenpotential der Aktionspotentiale mehrerer hintereinandergeschalteter, afferenter Neuronensysteme interpretieren.

Bei unseren Messungen hatten wir sehr wenige, bei denen wir die Reizantworten nicht erkennen und messen konnten. BEAGLEY(5) beschreibt bei Kindern eine höhere Zahl von Ausfällen. Dabei stellte er fest, daß Kinder innerhalb einer Reizserie verschiedene Antworttypen zeigen, so daß das endgültige Summenergebnis keine charakteristische Form erkennen läßt. Wir konnten bei 260 durchgeführten Messungen nur in 5 Fällen nicht die charakteristische Potentialschwankung der akustisch hervorgerufenen Antwort erkennen, was einer Ausfallsquote von weniger als 2% entspricht. Bei der Berücksichtigung der von uns festgestellten Tagesschwankungen und Hemisphärendifferenzen kann eine klinisch-diagnostische Verwendbarkeit der akustisch hervor-

gerufenen Reizantwort angenommen werden, wenn die Asymmetrien das Ausmaß von 33% und Abweichungen vom Ausgangsverhalten 30% überschreiten. Die Höhe symmetrischer Reizantworten oder solcher mit Asymmetrien unter 33% erlaubt nur dann auf eine "Reduktion" zu schließen, wenn sie unter gleichen Ableitungsbedingungen von den Mittelwerten erheblich abweicht.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

1. Die akustisch hervorgerufene Reizantwort wurde als Summenpotential in einstündigen Intervallen von 10 Versuchspersonen im Ablauf eines Tages bestimmt.
2. Über Stereokopfhörer konnten die Versuchspersonen Serien von hundert 1000 Hz Tönen von mittlerer Intensität bei einer Wiederholungsfolge von 1,2 Sek mit einem Verhältnis von Impuls- zu Intervalldauer von 100:1100 msec hören.
3. Abgeleitet wurde nacheinander bipolar vom Vertex und rechtem wie linkem Mastoid. Die Reizantworten wurden von einem Computer summiert.
4. Welle III zeigt sowohl rechts wie auch links die höchsten Amplituden um 10 Uhr, zwischen 13 und 15 Uhr und um 18 Uhr. Dieselbe Tendenz zeigen Welle IV und V links. Rechts dagegen erscheint ein erster Gipfel um 11 Uhr, dem nach kontinuierlichem Abfall um 15 Uhr ein zweiter folgt, der gegen Abend zu abfällt.
5. Die Tagesschwankungen scheinen in zyklischem Ablauf mit 2-, 3-, 4-Stunden- oder Halbtages- Rythmus zu erfolgen. Am häufigsten ist der 2-Stunden- und 3-Stundenzyklus.
6. Der Vergleich zwischen den Amplituden der rechten und der linken Seite zeigt, daß die Tagesmittelwerte aller drei Wellen links höher sind als rechts, und zwar je später die Welle, desto größer die Differenz. Es muß mit Unterschieden zwischen links und rechts bis

zu 33% gerechnet werden.

7. Es läßt sich zeigen, daß Welle III aus 3, zumindest 2 Komponenten zusammengesetzt ist, die durch Überlagerung die Gesamtamplitude bilden.
8. Es besteht ein Zusammenhang zwischen EEG-Aktivität und Form der Reizantwort. Niedrige Frequenz und hohe Amplituden des EEG erzeugen klarere Reizantworten mit höheren Amplituden als hohe EEG-Frequenz und niedrige EEG-Amplitude.
9. Die Anwendung der Methode zur akustischen Auslösung von Reizantworten beim Menschen für klinische Experimente setzt voraus, daß mit spontanen Schwankungen von ca. 30% um den Amplitudenmittelwert und Asymmetrien bis ca. 33% gerechnet werden muß.

VII. Literaturverzeichnis

- 1 ANTINORO, F., SKINNER, F.H. and JONES, J.J.:
Relation between sound intensity and amplitude of the
AER at different stimulus frequencies
- 2 BANCAUD, J., BLOCH, V. and PAILLARD, J.:
Contribution EEG a l'etude des potentials evoques chez
l'homme au niveau du vertex
Rev. Neurol. 89, (1953) 399 - 418
- 3 BAUST, W.: Side to side comparison of acoustic evoked
potentials in patients with unilateral intracerebral
processes, especially with aphasia
Electroenceph. clin. Neurophysiol., 29 (1970) 206-219
- 4 BEAGLEY, H.A. and KNIGHT, J.J.: Changes in auditory
evoked response with intensity
J. Laryngol. Otol., 81 (1967) 861-873
- 5 BEAGLEY, H.A. and KELLOGG, S.E.: A survey of hearing by
evoked response audiometry in a group of normally hea-
ring schoolchildren
J. Laryngol. Otol., 84 (1970) 481-493
- 6 BOSTOCK, H. and JARVIS, M.J.: Changes in the form of the
cerebral evoked response related to the speed of simple
reaction time
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 29 (1970) 137-145
- 7 BUTLER, R.A., KEIDEL, W.D. and SPRENG, M.: An investi-
gation of the human cortical evoked potential under
conditions of monaural and binaural stimulation
Acta oto-laryngol. 68 (1969) 317-326

- 8 CERNACEK, J. and CIGANEK, L.: The cortical electro-encephalographic response to light stimulation in epilepsie
Epilepsia 3 (1962) 303-314
- 9 CODY, L., KLASS, L. and BICKFORD, R.: Cortical audiometry: an objektiv method of evaluating auditory function in awake and sleeping man
Trans. Amer. Acad. Ophtal. Oto-laryng. 19 (1967) 81-91
- 10 CORDONE, A., GENTILOMO, A., MORA, E. and RIVANO, E.: The auditory evoked response in the normal subjekt
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 27 (1969) 98
- 11 DAGNINO, N., FAVALE, E., LOEB, C. and MANFREDI, M.: Respon ses evoked by stimulation of acoustic pathway during the sleep-wakefulness cycle
Experientia 21 (1965) 459-460
- 12 DAVID, E., FINKENZELLER, P., KALLERT, S. and KEIDEL, W.D.: Wechselwirkung zwischen optisch und akustisch ausgelösten Gleichspannungspotentialen am menschen
rflueger Arch. 312 (1969) 131-132
- 13 DAVIS, H., MAST, T., YOSHIE, N. and ZERLIN, S.: The slow response of the human cortex to auditory stimuli: recovery process
Electroenceph. clin. Neurop hysiol. 21 (1966) 105-113
- 14 DAVIS, H., DAVIS, P., LOCKIS, A., HARVEY, E. and HOBART, G.: Electrical reaction of the human brain to auditory stimulation during sleep
J. Neurophysiol. 2 (1939) 500-514
- 15 EISELE, U.: Die Tagesschwankungen der occipitalen reizantwort beim menschen
Inaugural-Dissertation, Ludwig-Maximilian-Universität München (1967)

- 16 FELDMANN, M.H. and GOLDRING, S.: Osmotically induced changes in brain steady potential and auditory evoked responses
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 26 (1969) 588-596
- 17 FRUHSTORFER, H., JÄRVILEHTO, T. and SOVERI, P.: The single vertex potential to auditory stimulation in man
Pflueger Arch. 307 (1969) 137
- 18 FRUHSTORFER, H., SOVERI, P. and JÄRVILEHTO, T.: Short-term habituation of the auditory evoked response in man
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 28 (1970) 153-161
- 19 FRUHSTORFER, H. and BERGSTRÖM, R.M.: Human vigilance and auditory evoked response
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 27 (1969) 346-355
- 20 GASTAUT, Y.: Les pointes negatives evoques sur le vertex. Leur signification psychophysiologique et pathologique
Rev. Neurol. 89 (1953) 382-399
- 21 GUTTMANN, G.: Evoziertes Potential und Erleben
Ber. 26. Kongr. d. Deutsch. Ges. f. Psychologie, Tübingen 1969
- 22 HAIDER, M.: Vigilance, attention, expectation and cortical evoked potential
Acta Psychol. (Amst.) 27 (1967) 246-252
- 23 HALL, R.D. and BORBELY, A.A.: Acoustically evoked potentials in the rat during sleep and waking
Exp. Brain Res. 11 (1970) 93-110

- 24 HENNINGER, G., MC DONALD, R., GOFF, W.R. and SOLLBERGER, A.:
morning-evening differences in the EEG and cerebral
evoked response; relations to 17-hydroxycorticosteroid
levels
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 28 (1970) 93

- 25 HENRIKSEN, O., NASSER, M. and KAYAN, A.: Auditory evoked
responses. The basis for a promising objective audio-
metric test
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 29 (1970) 220

- 26 HORVATH, K.S.: Variability of cortical auditory evoked
response
J. Neurophysiol. 32 (1969) 1056-1063

- 27 HRBEK, A., HRBKOVA, M. and LENARD, H.-G.: Somato-sensory
auditory and visual evoked responses in newborn infants
during sleep and wakefulness
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 26 (1969) 597-603

- 28 JEWETT, D.L., ROMANO, M.N. and WILLISTON, J.S.: Human
auditory evoked potentials: Possible brain stem compo-
nents detected on the scalp
Science 167 (1970) 1517-1518

- 29 KAWAMURA, H., WHITMOYER, D.I. and SAWYER, G.H.:
DC-potential changes of extracerebral origin recorded
between brain and skull in the rabbit after eating
and drinking
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 22 (1967) 337-347

- 30 KUGLER, J.: Elektroencephalographie in Klinik und
Praxis
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, (1966)

- 31 LIEBMAN, J. and GRAHAM, J.T.: Changes in parameters of averaged auditory evoked potentials related to number of data samples analyzed
J. Speech Hearing Res. 10 (1967) 782-785
- 32 MC CANDLESS, G.A. and BEST, L.: Evoked responses to auditory stimuli in man using a summing computer
J. Speech Hearing Res. 7 (1964) 193-202
- 33 MC CANDLESS, G.A. and BEST, L.: Summed evoked responses using pure-tone stimuli
J. Speech Hearing Res. 9 (1966) 266-272
- 34 MC CANDLESS, G.A. and LENTZ, W.: Evoked response (EEG) audiometry in nonorganic hearing loss
Arch. Otolaryng. 87 (1968) 27-32
- 35 NELSON, D.A. and LASSMAN, F.M.: Effects of intersignal interval on the human auditory evoked response
J. Acoust. Soc. Amer. 44 (1968) 1529-1532
- 36 ORNITZ, E.M., RITVO, E.R., CARR, E.M., LA FRANCHI, S. and WALTER, R.D.:
The effect of sleep onset on the auditory averaged evoked response
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 23 (1967) 335-341
- 37 PRICE, L.L., ROSENBLÜT, B., GOLDSTEIN, R. and SHEPHERD, D.C.:
The averaged evoked response to auditory stimulation
J. Speech Hearing Res. 9 (1966) 61-70
- 38 PRICE, L.L.: Evoked response audiometry: Some considerations
J. Speech Hearing Dis. 34 (1969) 137-141

- 39 PETREK, J.: Cortical response amplitude changes produced by rhythmic acoustic stimulation in cats
Exp. Brain Res. 6 (1968) 19-31
- 40 PUIGGARI, J.M. and FENNEGAN, F.M.: Cerebral electrical activity recorded during sleep and gastric stimulation in the dog
J. nerv. ment. Dis. 142 (1966) 540-547
- 41 RAPIN, I. and GRAZIANI, L.: Auditory-evoked responses in normal, brain-damaged and deaf infants
Neurology 17 (1967) 881-894
- 42 RAPIN, I., SCHIMMEL, H., TOURK, L.M., KRASNEGOR, N.A. and POLLAK, CH.: Evoked responses to clicks and tones of varying intensity in walking adults
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 21 (1966) 335-344
- 43 ROTHMANN, H.H.: Effects of high frequencies and inter-subject variability on the auditory evoked cortical response
J. Acoust. Soc. Amer. 47 (1970) 569-573
- 44 SHAGASS, C. and OVERTON, D.A.: Evoked response variations in relation to the preceeding EEG
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 28 (1970) 92
- 45 SKINNER, P.H. and JONES, H.C.: Effects of signal duration and rise-time on the auditory evoked potential
J. Speech Hearing Res. 11 (1968) 301-306
- 46 TAGUCHI, K., PICTON, T.W., ORPIN, J.A. and GOODMAN, W.S.: Evoked response audiometry in newborn infants
Acta oto-laryngol. suppl. 252 (1969) 5-17

- 47 TYBERGHEIN, J. and FORREZ, G.: Cortical audiometry
in normal hearing subjects
Acta oto-laryngol. 67 (1969) 24-32
- 48 VAUGHAN, H.G. and RITTER, W.: The sources of auditory evoked responses recorded from the human scalp
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 28 (1970) 360-367
- 49 WEBER, B.A.: Habituation and dishabituation of the averaged auditory evoked response
J. Speech Hearing Res. 13 (1970) 387-394
- 50 WEINSTEIN, S.: Functional cerebral hemispheric asymmetry, in Hemispheric Asymmetry of Function, ed. by M. Kinsbourne, Tavistock, London.
- 51 WEITZMAN, E.D. and KREMEN, H.: Auditory evoked response during different stages of sleep in man
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 18 (1965) 65-70
- 52 WILKINSON, R.T.: Evoked response and reaction time
Acta Psychol. (Amst.) 27 (1967) 235-245
- 53 WILKINSON, R.T. and MORLOCK, H.C.: Auditory evoked response and reaction time
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 23 (1967) 50-56
- 54 WILLIAMS, H.L., TEPAS, D.J. and MORLOCK, H.C.: Evoked responses to clicks and electroencephalographic stages of sleep in man
Science 138 (1962) 685-686
- 55 WOODS, J. and BROUGHTON, R.J.: Background activity in evoked potentials
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 27 (1969) 548

- 56 ZERLIN, S. and DAVIS, H.: The variability of single evoked vertex potentials in man
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 23 (1967) 468-472

LEBENS LAUF

Ich wurde am 4. Juli 1948 als drittes Kind des Arztes Dr. Fritz Wiedemann und seiner Ehefrau Dr. Ise Wiedemann geb. Feige in Kaufbeuren geboren.

1967 schloß ich meine Schulausbildung am Humanistischen Gymnasium in Kaufbeuren mit der Reifeprüfung ab.

Im Wintersemester 1967/68 begann ich mein Medizinstudium an der Universität München, das ich im Sommersemester 1973 mit dem Staatsexamen beendete.

